ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCLXXXIX.

1892

SERIE QUINTA

RENDICONTI

PUBBLICATI PER CURA DEI SEGRETARI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME I.

1° SEMESTRE

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1892

che è un numero alquanto più alto di quello che ottenne direttamente il De la Rive 0,77.

« Come per il caso dello zinco, trattandosi qui di leghe che non si possono studiare molto concentrate, per avere un valore più vicino al vero, sarebbe necessario studiare qualche altra serie di leghe con altri corpi, come ad esempio col tallio. Ma siccome crediamo di aver provato abbastanza, con questa e colle note antecedenti la possibilità di determinare con buona approssimazione la resistenza elettrica specifica di un metallo liquido, alla sua temperatura di fusione, collo studio di quella delle sue leghe (le amalgame comprese) tenute anche a temperatura ad essa inferiore, non troviamo ora la necessità di insistere su misure lunghe e noiose quali sono le attuali, che ci hanno occupato per un tempo assai lungo ».

Fisica. — *Sopra la tenacità del ferro a diverse temperature.* Nota del prof. M. Ascoli, presentata dal Socio Blaserna.

« 1. Su questo argomento il compianto prof. Pisati pubblicò nel 1876 uno studio importante ed estesissimo (1) dal quale risultò concordemente per tutti i fili esaminati che la tenacità del ferro dalla temperatura ordinaria decresce fino a un minimo per risalire a un massimo verso i 100°; dopo questo presenta un secondo minimo più notevole dal quale passa bruscamente ad un secondo e grande massimo. Ma la grandezza del primo massimo e la temperatura del secondo minimo risultarono funzione della sezione; al crescere di questa si avrebbe avuto un aumento della prima una diminuzione della seconda. Era intenzione del Pisati di estendere lo studio dai fili alla lamiera, giacchè a questa non si potevano senz' altro estendere i risultati ottenuti su quelli in vista specialmente della ricordata influenza della sezione e del diverso modo di lavorazione del materiale. Molto materiale era stato preparato fin dal 1879 ma le esperienze non erano mai state eseguite. Io ho creduto opportuno di riprendere la ricerca che viene così a completare quella del compianto maestro, e di raccogliere qui i risultati delle numerose esperienze fatte, le quali mi condussero a qualche nuova osservazione che mi par degna di nota.

« Una ricerca analoga fu recentemente pubblicata dal sig. Le Chatelier (2), ma non vi sono trattati i punti dubbî ora citati, e le esperienze sono fatte sopra pezzi resi cilindrici al tornio e tutti dello stesso diametro; io ho invece curato di variare lo spessore della lamiera adoperata entro limiti estesi.

(1) Società Italiana delle Scienze, serie 3ª, vol. II.

(2) *Influence de la température sur les propriétés mécaniques des métaux.* Le Génie Civil. T. XIX, 1891, p. 107.

« 2. Il ferro laminato, proveniente dalle officine del Creusot in Francia, era in grandi lastre, ciascuna delle quali veniva tagliata in striscie per mezzo di una macchina piallatrice appartenente all'officina meccanica della R. Scuola di applicazione di Roma e messa in azione da un motore a gas. Le striscie venivano poi assottigliate nella parte centrale per una lunghezza di circa 50 cent. per mezzo di un'altra macchina atta ad assicurare la uniformità della larghezza ridotta. Le righe così preparate venivano ricotte nell'anidride carbonica, introducendole in un lungo tubo di ottone la cui temperatura, misurata da un pirometro metallico a leva, si portava sopra i 500°.

« 3. Per la misura degli sforzi di trazione ho adoperato una macchina costruita dal Thomasset di Parigi (1), della quale i tecnici si servono per le prove sulla resistenza dei materiali. In essa la riga da cimentare si colloca colle due estremità tra le mascelle di morse robuste snodate in modo che tanto più si stringono, quanto più si tirano. La trazione, che può giungere a 5 tonnellate, è esercitata mediante una vite mossa da una ruota-volano e applicata ad una delle morse, ed è trasmessa ad un manometro a mercurio per mezzo di una leva, unita alla seconda morsa, la quale preme sopra un disco di bronzo. Sotto a questo sta un disco di cautchouc a contatto colla superficie dell'acqua contenutà in una vaschetta comunicante col serbatoio del manometro.

« Ho constatato che la precisione cui si può giungere con questo apparecchio è sufficiente per l'indole delle mie ricerche. È però necessario di fare frequenti verifiche del manometro, applicando dei pesi conosciuti al disco sia direttamente sia mediante una leva (aromano) opportunamente disposta.

« 4. Per portare le righe a diverse temperature, fu costruito un bagno di forma parallelepipeda (cm. 75 × 14 × 18) attraversato secondo l'asse da una canna pel passaggio della riga. Nell'interno, intorno a questa canna, si avvolge ad elica una striscia di rame che, posta in rotazione dall'esterno, serve ad agitare l'olio che riempie il bagno. La temperatura era misurata con un termometro diviso in gradi fino i 360°, che attraversava una apposita tubulatura del coperchio. Si evitavano le correnti d'aria entro la canna centrale chiudendone le estremità con filacci di amianto. Prima di metter le righe in trazione, la temperatura si manteneva costante per un tempo sufficiente ad assicurare l'uniformità.

« 5. La misura delle dimensioni, sia prima come dopo la trazione, venne fatta con un compasso Palmer che dà il centesimo di mm. Prima della trazione lo spessore e la larghezza di ciascuna riga venne misurato in tre punti diversi; le differenze non superarono mai qualche centesimo e nei calcoli si introdusse il valore trovato pel punto più prossimo a quello di rottura o la

(1) Questa appartiene al gabinetto di meccanica applicata alle costruzioni della scuola di Roma. Rendo qui vive grazie al prof. Ceradini che me ne permise l'uso.

media tra i più prossimi. Gli spessori medî misurati per le 7 serie di righe sono i seguenti:

Serie	B	C D	E	F	H	I	L
Spessore mm.	4,15	3,05	2,70	2,09	1,06	0,76	0,61

« La larghezza nella parte assottigliata era di 12 mm. circa per tutte; ma in quelle che servirono alla temperatura più alta ho dovuto farla ridurre a circa 10 mm. perchè l'aumento della tenacità era tale che la rottura avveniva di preferenza nella parte fredda sebbene di sezione molto maggiore.

« Sopra ciascuna riga venivano segnati 6 tratti con una punta di ottone alla distanza di 10 centim. l'uno dall'altro che servivano poi a misurare mediante un regolo graduato gli allungamenti permanenti delle varie parti.

« 6. Appena la riga veniva posta in tensione il manometro saliva rapidamente, per fermarsi d'un tratto in corrispondenza del limite di elasticità e riprendere dopo qualche oscillazione un andamento lentamente ascendente. In altra pubblicazione considererò in modo speciale questo andamento. Raggiunta una massima tensione la riga improvvisamente si assottigliava in un punto mentre il manometro scendeva rapidamente finchè avveniva la rottura e la caduta del manometro a 0. Questo restringimento locale era molto più notevole alle basse che alle alte temperature. Inoltre, mentre a temperatura bassa tutto avveniva silenziosamente, a temperatura alta, durante la trazione si sentivano dei forti rumori come di piccoli e frequenti colpi di martello, ed alle più alte temperature raggiunte questi si accompagnavano con un rumore più debole ma continuo come di un liquido in ebollizione. Questi rumori che sono accompagnati da forti oscillazioni del manometro son prove di allungamenti bruschi e intermittenti; se ne vede una traccia in certe piccole increspature che rimangono sulla superficie della riga [1].

« 7. In questa serie di esperienze furono rotte circa 250 righe; nelle tabelle numeriche che seguono sono raccolte le medie dei risultati divisi in gruppi. Nella prima colonna di ciascuna tabella sono scritti i valori t della temperatura, nella seconda i valori T della tenacità, ossia della trazione massima in kg. divisa per la sezione in mm. q. Nelle mie esperienze le trazioni variarono da 200 a 2000 kg. circa. Nella terza colonna (ϱ) sta il rapporto tra la lunghezza finale e la iniziale di 50 cent. A questo proposito è da osservarsi che l'allungamento si può distinguere in *proporzionale* cioè distribuito uniformemente in tutta la lunghezza e in *locale* cioè localizzata specialmente in vicinanza della rottura; nel calcolo di ϱ si è tenuto conto solo del primo; ma anche questo non avviene molto regolarmente perchè bastano piccolissime eterogeneità di forma o di struttura per produrre allungamenti

[1] Il Le Chatelier (l. c.) li chiama *allongements par saccades* e li attribuisce ad una trasformazione del ferro che va progredendo durante la trazione a temperatura elevata.

localizzati anche in punti dove la rottura non avviene. Nella 4ª colonna (μ) stanno scritti i rapporti tra la sezione iniziale e la finale; quest'ultima è misurata in vicinanza del punto di rottura dove comincerà quel restringimento locale di cui sopra ho parlato, giacchè quello è il valore che ha la sezione quando si è raggiunta la massima tensione.

« 8. La precisione dei metodi adottati, sufficiente per le righe più grosse, è alquanto piccola per le più sottili (serie H I L); tuttavia anche queste mostrano nettamente l'andamento del fenomeno, e ne riportiamo i risultati come conferma di quelle.

t	T	ϱ	μ
	Serie B.		
9°.4	34.4	1.169	1.206
31.6	34.6	1.135	1.190
62.6	33 2	1.112	1.203
81.5	33.8	1.086	1.186
145.0	38.3	1.055	1.075
162.4	38.7	1.060	1.082
194.2	43.8	—	1.072
224.8	43.6	—	—
264.5	44.6	—	1.169
287.2	42.9	—	1.215
	Serie C. D.		
9°.5	38.1	1.095	1.170
31.2	38.1	1.118	1.185
60 3	36.5	1.118	1.165
86.5	37.2	1.092	1.127
116.9	38.0	1.068	1.081
128.8	40.1	1.062	1.092
144.2	42.5	1.074	1.085
189.6	45.4	1.093	1.109
204.7	46.8	—	1.104
220.8	48.5	—	1.118
232.6	47.7	—	1.113
266.5	46.6	—	1.116
290.9	47.3	—	1.200

t	T	ϱ	μ
	Serie E.		
9°.5	39.3	1.163	1,200
27.5	39.1	1.141	1,218
48.7	37.2	1.117	1.160
60.5	37.4	1.119	1.167
73.9	37.9	1.123	1.166
95.6	38.4	1.071	1.089
124.8	42.0	1.092	1.109
139.7	41.1	1.064	1.069
159.3	43.6	1.075	1.083
205.1	50.2	1.122	1.111
226.5	51.9	1.146	1.165
243 3	51.7	1.140	1.205
256.5	51.2	1.165	1.196
268.8	50.9	1.165	1.200
286.5	50.3	—	1.190
	Serie F.		
— 20°.7	38.0	—	—
+10.8	37.4	1.140	1.208
21.9	38.0	1.128	1.208
31.3	37.7	1.125	1.184
44.9	36.6	1.134	1.162
56.7	36.1	1.125	1.166
72.9	34.0	1.123	1.167

t	T	ϱ	μ
	Serie H		
94.9	36.6	1.075	1.083
115.6	38.3	1.074	1.094
142.6	40.0	1.073	1.082
160.4	44.4	1.096	1.112
172.6	44.7	1.101	1.100
203.6	45.8	—	1.117
226.6	46.7	—	1.105
264.1	47.2	1.148	1.167
281.9	48.2	—	1.163
300.4	46.0	—	1.208
12°.2	28.8	1.109	1.139
29.6	30.3	1.100	1.117
44.9	29.3	1.091	1.105
59.2	26.9	1.092	1.120
67.2	26.1	1.090	1.115
82.8	26.7	1.078	1.099
103.1	29.1	1.053	1.071
114.6	29.8	1.057	1.066
142.2	32.1	1.067	1.041
172.3	33.6	1.086	1.060
199.4	36.0	—	1.094
211.0	35.6	—	1.103
228.1	34.8	—	1.093
267.0	34.8	—	1.106
291.0	34.6	—	1.078
303.1	34.0	—	1.065
	Serie I		
6°.2	31.7	1.062	1.086
35.0	31.0	1.071	1.108
60.4	28.5	1.080	1.093
71.7	26.8	1.044	1,068
110.0	29.6	1.038	1.035
140.3	33.1	1.047	1.024
183.6	33.9	1.048	1.048
195.1	34.9	—	1.065
210.2	36.3	1.039	1.041
224.9	37.4	1.047	1.041
244.3	38.8	—	1.022
262.6	38.3	1.036	1.030
272.0	39.2	—	1.059
298.8	39.1	—	1.097
	Serie L		
11°.2	34.4	1.067	1.092
22.8	34.7	1.056	1.085
35.0	33.8	1.060	1.071
63.4	33.4	1.079	1.072
72.9	31.6	1.040	1.131
105 8	33.6	1.032	1.069
123.3	34.2	1.034	1.024
142.5	35.5	1.035	1.085
179.0	37.7	1.052	1.037
200.4	39.0	—	1.062
211.7	39.7	1.037	1.051
233.1	38.3	—	1.100
244.4	38.8	—	1.087
262.1	41.8	1.055	1.070
274.0	40.1	—	1.085
287.7	38.0	—	1.078
302.9	41.7	—	1.081

9. Coi valori di t come ascisse e con quelli di T, ϱ e μ come ordinate si sono costruite per ciascuna serie tre curve. L'andamento della prima è perfettamente definito; più incerto ma sempre ben definito è quello della 3ª; la seconda, anche più incerta, segue l'andamento della terza.

« Le curve della tenacità presentano tutte un minimo solo, ed un solo massimo. Le temperature del minimo dedotte dalle curve sono

Serie	Spessore	Temperatura di minima tenacità
B	mm. 4,15	68
C D	3,05	70
E	2,70	60
F	2,09	72
H	1,06	70
I	0,76	75
L	0,61	75
media		70°

« Questa temperatura, nei limiti della precisione delle misure si può ritenere uguale per tutte le serie. Per il massimo prendiamo solo le prime 4 serie

B	240°
C D	238
E	230
F	235
media	236°

Anche questa appare uguale per tutti i casi.

« Mostrato il comportamento perfettamente uguale in tutte le serie, per riassumere i risultati ottenuti ho dedotto dalle curve i valori di T e di μ di 25° in 25°, e ne ho fatto la media (T_m e μ_m) per le prime 4 serie.

« Questi risultati sono raccolti nelle seguenti tabelle.

TABELLA II.

t	Tenacità				T_m
	B	CD	E	F	
0°	35.0	38.5	39.8	38.2	37.9
25	34.5	38.0	38.7	37.4	37.1
50	32.6	36.8	37.2	36.1	35.7
75	33.2	36.4	36.6	33.8	35.0
100	34.7	37.5	39.0	36.5	36.9
125	36.4	39.8	40.9	39.4	39.1
150	38.2	42.1	43.2	42.0	41.4
175	40.2	44.5	46.2	44.2	43.8
200	42.6	46.8	50.0	46.0	46.3
225	44.7	48.4	51.8	47.1	48.0
250	44.8	48.4	51.5	47.1	47.9
275	43,9	47.1	50.7	46.6	47.1
300	42.6	45.8	49.9	45.0	45.8

TABELLA III.

t	Rapporto delle sezioni				μ_m
	B	CD	E	F	
0°	1.240	1.208	1.236	1.230	1.228
25	210	181	200	186	194
50	180	155	164	146	161
75	156	130	130	124	135
100	130	108	102	102	110
125	100	88	82	89	90
150	80	82	72	84	79
175	76	87	87	88	84
200	91	97	112	202	100
225	115	112	136	122	121
250	144	133	162	144	146
275	176	160	190	170	174
300	208	189	220	203	203

« 10. Coi valori di T_m e μ_m come ascisse e quelli di t come ordinate sono costruite le linee A e B della figura. Moltiplicando i valori delle ordinate della A per quelli delle ordinate della B, si ottengono i valori della tenacità riferiti alla sezione finale invece che alla iniziale essi sono i seguenti

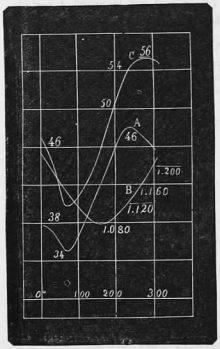

TABELLA IV.

t	T	t	T	t	T
0°	46.5	125°	42.6	225°	53.8
25	44.3	150	44.7	250	54.9
50	41.4	175	47.5	275	55.3
75	39.7	200	50.9	300	55.2
100	41.0				

e sono rappresentati dalla linea C che non differisce gran fatto dalla A.

« 11. Ho infine osservato anche la frattura, disegnando la linea trasver-

sale *t*, e la *s* secondo lo spessore. Le diverse serie si comportano diversamente. Ma le forme osservate si riducono a due per *t*; l'una normale allo spigolo maggiore della riga e l'altra inclinata a circa 30°, e due per *s*, l'una a 45° e l'altra in forma di V. L'inclinazione a 30° che si ripresenta molto spesso non può attribuirsi alla direzione della laminazione perchè è la medesima per tutte le lamiere, e perchè palesa una certa relazione colla temperatura cui ora accennerò. La forma a V è generalmente diritta per metà della larghezza rovesciata per l'altra metà. Raccolgo qui alcune delle osservazioni fatte:

Serie B. Frattura quasi sempre irregolare.

Serie C D. Frattura quasi sempre regolare. Fino a 150° *t* normale, *s* a V; da 150° a 200° *t* normale, *s* a V nel mezzo e a 45° ai lati; da 200° a 300°, *t* normale, *s* a 45° e nettissima.

Serie E. Prevale *t* normale, ed *s* a 45° specialmente alle temperature più elevate.

Serie F. Frattura irregolare fino a 73°, poi sempre regolarissima.

Serie H. Frattura irregolare fino a 65°, poi sempre regolare. Fino a 175° *t* a 30°; da 175° a 300° normale.

Serie I. Frattura irregolare fino a 110°; poi sempre regolarissima.

Serie L. Frattura irregolare fino a 73° poi sempre regolarissima. Fino a 265° *t* a 30°, da 265° a 300° normali.

« Da queste osservazioni appare evidente un' influenza della temperatura. In generale alle temperature basse (sotto alla temperatura di minima tenacità) le fratture sono irregolari, poi diventano regolarissime. Inoltre a temperature elevate tende a predominare la linea trasversale normale e quella di spessore a 45°, mentre alle basse la prima acquista la forma a 30° la seconda quella a V.

« 12. Da queste esperienze sono confermati i risultati del prof. Pisati in quanto all'esistenza di una massima e di una minima tenacità, ma in tre punti vengono modificati:

« 1° Il passaggio dal minimo al massimo avviene rapidamente ma non bruscamente.

« 2° La temperatura di minima tenacità (70°) non dipende dallo spessore della riga.

« 3° Non si presenta altro massimo oltre al principale, che corrisponde ad una temperatura di circa 236° ».

Fisica. — *Sulla variazione di resistenza del ferro e del nichel nel campo magnetico.* Nota del dott. M. Cantone, presentata dal Socio Blaserna.

Questa Nota verrà pubblicata nel prossimo fascicolo.